

# **Brazilian Journal of Development**

## **Sistema fotovoltaico: fontes renováveis como elemento educacional no ensino de ciência**

### **Photovoltaic system: renewable sources as an educational element in science education**

DOI:10.34117/bjdv5n6-113

Recebimento dos originais: 20/03/2019

Aceitação para publicação: 25/04/2019

#### **Ruy Rogers Paes de Castro**

Graduação em Licenciatura em Física pela Universidade do Estado do Amazonas

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Estrada Odovaldo Novo, 4768 – Djard Vieira, Parintins – AM, Brasil

E-mail: [rrpaesdecastro2802@gmail.com](mailto:rrpaesdecastro2802@gmail.com)

#### **José Luiz da Silva de Souza**

Graduação em Licenciatura em Física pela Universidade do Estado do Amazonas

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Estrada Odovaldo Novo, 4768 – Djard Vieira, Parintins – AM, Brasil

E-mail: [jlfisicanatural@gmail.com](mailto:jlfisicanatural@gmail.com)

#### **Adriano Márcio dos Santos**

Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade do Estado do Amazonas

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Estrada Odovaldo Novo, 4768 – Djard Vieira, Parintins – AM, Brasil

E-mail: [asantos@uea.edu.br](mailto:asantos@uea.edu.br)

### **RESUMO**

O experimento foi desenvolvido com o objetivo de demonstrar o funcionamento de sistemas fotovoltaicos e utilizá-lo como aparato experimental em aulas de ciências, eletricidade, sustentabilidade e conservação de energia. Para isso, construiu-se uma maquete de uma casa popular com suas luminárias e tomadas elétricas. O sistema projetado para a maquete contém cinco lâmpadas de LED com 7 watts cada e pode carregar até dois aparelhos celulares simultaneamente. A maquete foi confeccionada com material reciclável, numa base de madeira, paredes de papelão e dividida em cinco cômodos. E poderá ser apresentada em escolas, universidade e comunidade, como exemplo de fontes alternativas de energia renovável.

**Palavras-chave:** sistema fotovoltaico, fontes de energia renovável, ensino de ciências.

### **ABSTRACT**

The experiment was developed with the objective of demonstrating the operation of photovoltaic systems and using it as an experimental apparatus in science, electricity, sustainability and energy conservation. For this, a model of a popular house with its lights and electrical outlets was constructed. The system designed for the model contains five LED bulbs with 7 watts each and can charge up to two cell phones simultaneously. The model

was made of recyclable material, in a wooden base, paper walls and divided into five rooms. And it can be presented in schools, universities and communities, as an example of alternative sources of renewable energy.

**Key words:** photo-voltaic systems, renewable energy sources, science teaching.

## 1 INTRODUÇÃO

A radiação solar é uma fonte de energia renovável. A utilização desta energia tanto como fonte de calor, quanto de luz, é uma das alternativas mais favoráveis para enfrentarmos os novos desafios que estão surgindo no decorrer do tempo.

A energia solar é abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema sendo uma solução para as áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente na região Amazônica onde se encontram bons índices de insolação em qualquer período do ano. Ela soma características vantajosas positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão, irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

As aplicações mais difundidas da tecnologia solar referem-se à conversão da radiação solar em energia térmica, e em energia elétrica. Podemos citar: aquecimento de água; secagem de produtos agrícolas; geração de vapor; refrigeração; bombeamentos, iluminação, etc.

A iluminação por meio da utilização de painéis solares tem representado, juntamente com as células fotovoltaicas, conversoras da energia solar em energia elétrica eletricidade, uma das aplicações mais viáveis de utilização, tanto residencial quanto industrial (LORENÇO, 1997).

O nordeste brasileiro apresenta um potencial solar bastante significativo, correspondente a uma disponibilidade média que se situa na faixa de 500 a 700 W/m<sup>2</sup>, conforme Atlas de Irradiação Solar do Brasil (BEZERRA, 2001).

O setor residencial responde por 23 % do consumo nacional de energia e de acordo com manual de uma companhia de energia do Brasil o consumo do chuveiro elétrico é o segundo maior em uma residência, correspondendo a 25%, perdendo apenas para o refrigerador/freezer que corresponde a 30 %. Sua utilização atinge o horário de pico das 18:00 às 19:00 horas, correspondendo a 8,5 % da demanda nacional de energia neste horário (VARELLA, 2004).

Estes dados apontam a importância da substituição da fonte térmica elétrica pela fonte solar, para a obtenção de água quente principalmente em tempo de racionamento de energia, ganhando contornos de imprescindibilidade uma vez que a opção hídrica brasileira

para a geração de energia elétrica está praticamente com seus recursos exauridos. (SOUZA, 2002).

Os dispositivos utilizados para a produção de água quente por meio da utilização da energia solar são os coletores que podem ser divididos em dois grupos os planos e os alternativos, sendo os planos mais utilizados. Tais coletores geralmente são constituídos por tubos absorvedores de cobre, chapa absorvedora de cobre ou alumínio, cobertura de vidro e isolamento térmico de lã de vidro e a grade absorvedora são confeccionadas na configuração em paralelo (SOUZA, 2002).

O objetivo de construir um sistema fotovoltaico é usar uma energia limpa e não poluente, e que, portanto, não agride o meio ambiente. O sistema não depende de concessionárias ou distribuidoras de energia, nem sofre tributação, o que contribui para moradores ribeirinhos da região amazônica.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

Os módulos são compostos de células solares de silício. Elas são semicondutoras de eletricidade porque o silício é um material com características intermédias entre um condutor e um isolante (ENTEC, 2016). O silício apresenta-se normalmente como areia. Através de métodos adequados obtém-se o silício em forma pura. O cristal de silício puro não possui elétrons livres e, portanto é um mal condutor elétrico. Para alterar isto se acrescentam porcentagens de outros elementos. Este processo denomina-se dopagem. Mediante a dopagem do silício com o fósforo obtém-se um material com elétrons livres ou materiais com portadores de carga negativa (silício tipo N). Realizando o mesmo processo, mas acrescentando boro em vez de fósforo, obtém-se um material com características inversas, ou seja, deficit de elétrons ou material com cargas positivas livres (silício tipo P).

Cada célula solar compõe-se de uma camada fina de material tipo N e outra com maior espessura de material tipo P (Figura 1).

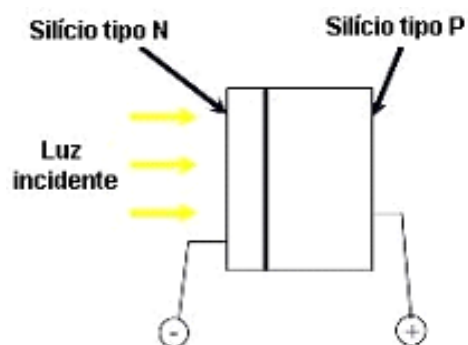


Figura 01. Célula solar.

## 2.2 TENSÃO E CORRENTE

A eletricidade é o fluxo de partículas carregadas (elétrons) que circulam através de materiais condutores, como cabos ou barras de cobre (Figura 2). Estas partículas adquirem energia numa fonte (gerador, módulo fotovoltaico, bateria de acumuladores), transferem essa energia a uma carga (lâmpada, motor, equipamento de comunicações) e retornam à fonte para repetir o ciclo.

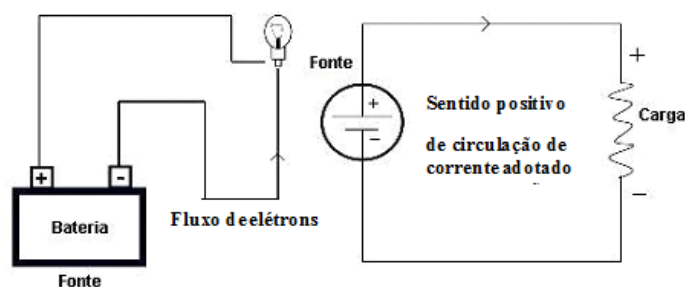


Figura 02. Fluxo de partículas carregadas.

## 2.3 LIGAÇÃO EM SÉRIE

Se os elementos de um circuito se conectar em série, isso quer dizer que todo o fluxo (de elétrons ou de água) deve passar por cada um dos seus elementos.

Isto equivale a dizer que numa ligação em série as pressões somam-se. Recordando a analogia elétrica, o equivalente de pressão é tensão. Portanto se dispormos de dois módulos fotovoltaicos em que cada entregue 12 Volts, 2 Amperes e se pretendermos implementar um sistema de 24 Volts e 2 Amperes deve-se montar um circuito (Figura 3).

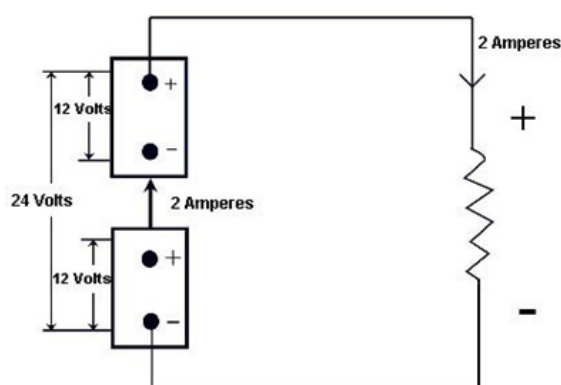


Figura 03. Circuito em série.

## 2.4 COMPONENTES DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

Uma instalação solar fotovoltaica autônoma é composta por vários itens, incluindo painéis solares, sistema conversor CC-CA (inversor), cabos elétricos, controlador, multímetro e bateria.

Os módulos solares apresentam normalmente tensões de circuito aberto em torno de 20 V, apropriadas para a carga de baterias de 12 V em sistemas autônomos, visto que esta é tradicionalmente a aplicação mais comum. Os cabos utilizados nestes sistemas são normalmente resistentes à radiação ultravioleta e têm duplo isolamento. Eles devem suportar as temperaturas elevadas, muitas vezes até 50 °C acima da temperatura ambiente, que são atingidas na região posterior dos módulos.

O sistema inversor é responsável pela conversão da energia gerada pelos módulos fotovoltaicos – que geram energia elétrica em corrente contínua (CC) e em tensão normalmente distinta da tensão de rede local – em corrente alternada (CA) e em tensão e frequência de rede, com baixo teor de harmônicos e onda de forma senoidal.

Os controladores se destinam a isolar o sistema de transientes de tensão indesejáveis. Apesar de os módulos fotovoltaicos modernos apresentarem uma elevada tolerância a picos de tensão (6kV), componentes eletrônicos como o sistema inversor, por exemplo, necessitam de proteção contra estes surtos de tensão.

O multímetro serve para medir a tensão no circuito e verificar também a corrente que está passando pelo sistema.

A bateria é responsável por armazenar energia mantendo o sistema em funcionamento na ausência de raios solares.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nosso experimento foi montado em dois momentos. No primeiro momento iniciamos com a construção da maquete de uma casa popular (2 quartos, sala, banheiro e cozinha), com cortes do papelão para confecção das paredes de acordo com as medidas de cada cômodos, calculadas e marcadas na base de madeira servindo com referência e planta da casa (Figura 4).



Figura 04. Maquete de casa popular.

Em seguida com a casa pronta iniciamos com a parte elétrica construção do circuito elétrico para engate de 5 bocais, estes feitos em paralelos. Em nosso experimento optamos em colocar as lâmpadas na base com o circuito também em sua parte inferior (Figura 5). Para evitar um contato direto com a bancada foram utilizados pés de fogão, fixamos na base de madeira eliminando o contato e facilitando uma melhor visualização do circuito elétrico.



Figura 05: Vista dos bocais das lâmpadas e circuito elétrico.

Com a maquete pronta iniciamos a segunda parte com a fixação dos componentes (placa, controlador, inversor, bateria de caminhão e interruptor). Onde a placa ficou sustentada com 4 varas de ferro nas laterais de (60 e 70 cm de altura) apresentando uma inclinação similar as utilizadas para um melhor aproveitamento das radiações solares (Figura 6). Ajustado a base, conectamos o controlador esse distribuindo energia para a bateria e para o inversor. A bateria ficou localizada parte de posterior da casa e o inverso localizado a frente da casa para melhor descrição de seus componentes. No inversor ligamos o interruptor com função de ligar desligar o circuito paralelo com as lâmpadas e tomadas estas sendo apenas utilizadas para manter aparelhos celulares ou similares.





Figura 06: Vista da placa solar montada sobre a maquete da casa solar.

Após finalizada, a maquete da casa solar foi utilizada como ferramenta complementar para exemplificar o conteúdo de energias renováveis e formas alternativas para a geração de energia elétrica, nas aulas ministradas por alunos do curso de Física, em escolas do ensino médio conveniadas com o programa PIBID. Também foi utilizada como fonte de pesquisa em projeto do Programa de Iniciação Científica e, na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas – UEA em 2016 (Figura 7).

Nas apresentações em escolas, na universidade e em outros eventos, a maquete de casa solar despertou a curiosidade de professores e alunos do ensino médio, bem como, da comunidade universitária sobre seu funcionamento, de seus componentes e, principalmente de como acontece o processo de conversão da energia solar em elétrica.

Alguns professores do ensino médio deram sugestões para deixar o aparato experimental mais didático nas salas de aula. Tais sugestões foram muito pertinentes e levaram os autores a pensar em maneiras de deixar o aparato mais autoexplicativo e pretende-se construir uma nova maquete contemplando algumas destas sugestões.

Também serão realizadas modificações na maquete da casa solar com o objetivo de aumentar sua capacidade de corrente fornecida pelo sistema fotovoltaico. Para isso, será substituído o inversor, com capacidade de fornecer até 0,94 A por um de 2,5 A ou 3,0 A, devido à capacidade máxima da placa solar que é de 3,4 A.

Outro item que será substituído é a bateria. Neste protótipo foi utilizada uma bateria de caminhão que estava disponível no Laboratório de Ensino de Física da UEA. A nova bateria será apropriada para uso em sistemas fotovoltaicos, por apresentar um ciclo de carga mais rápido que o das baterias convencionais, permitindo ter seu ciclo de carregamento controlado pelo conversor sem ficar danificada.



Figura 07: Protótipo apresentado na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia da UEA em 2016.

#### **4 CONCLUSÃO**

O sistema fotovoltaico apresentou ótimo funcionamento, mantendo as 5 lâmpadas de LED e carregando até dois celulares durante a exposição solar e na ausência dessa exposição, o conversor comutou a entrada do sistema que vinha da placa solar para a bateria.

A apresentação do aparato experimental na Universidade e em escolas parceiras do programa PIBID serviu como ferramenta complementar em aulas ministradas para os conteúdos de energia renovável, conservação de energia, eletricidade, dentre outros.

Destaca-se que a maquete de casa despertou interesse e curiosidades dos alunos, estimulando-os a buscar e fazer leituras sobre os sistemas fotovoltaicos e energias renováveis, além de conhecer outras formas para o aproveitamento dessa energia. Podendo ser discutido em turmas do ensino fundamental e médio das escolas.

Como perspectivas deste trabalho pretende-se: a) construir uma nova maquete; b) aumentar a corrente elétrica fornecida pelo sistema fotovoltaico. Para isso será substituído o inversor, pois, o utilizado no protótipo fornecia uma corrente máxima de 0,94 A e, como a placa fotovoltaica utilizada possui uma capacidade máxima de 3,4 A, isso permite utilizar um inversor com maior capacidade de corrente; c) substituir a bateria de caminhão por uma específica para sistemas fotovoltaicos, com ciclo de carga similar ao das baterias de celular.

**REFERÊNCIAS**

ANEL – *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Atlas de energia elétrica do Brasil. 2ª Ed, Brasília: ANEL, 2005, p. 243. Disponível em [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em 25 de Junho 2016.

BEZERRA, A.M., *Aplicações térmicas da energia solar*, Editora Universitária - UFPB, João Pessoa, 2001.

FURTADO, J. S.; LOBATO, J. F. *Sustentabilidade do negócio: Ideias novas, para novos mercados*. São Paulo. Intertox, 2010.

GREENPRO. *Energia Fotovoltaica – manual sobre tecnologias, projeto e instalação*. 2004. Disponível em: <<http://www.greenpro.de/po/index.htm>>. Acesso em: 29 Maio 2016.

SOLAR, ENTEC – *Sustentabilidade e Economia*, Disponível em: <[www.entecsolar.com.br](http://www.entecsolar.com.br)> acesso em 10 de Setembro de 2016.

SOLAR, TERRA – *Soluções em energia alternativa*, Disponível em :<[www.solarterra.com.br](http://www.solarterra.com.br)> acesso em 10 de Setembro de 2016.

L. CASTANER and S. SILVESTRE, *Modelling Photovoltaic Systems Using PSpice*. England: John Willey & Sons, LTD, 2002.

LOURENÇO, J.M., *Estudo de um Coletor Solar Alternativo, usando Tubos Absorvedores de Alumínio*, 1997. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

M. R. PATEL, *Wind and Solar Power Systems Design, Analysis, and Operation*. New York and Florida: Taylor & Francis Group, LLC, 2006.

SOUZA, L.M., 2002, *Viabilidades térmica, econômica e de materiais da utilização de tubos de PVC como elementos absorvedores em coletores de um sistema de aquecimento de água*

*por energia solar*. Tese de Doutorado do Programa de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais da UFRN, Natal.

SOUZA, L.G.M., 2000, *Sistema Alternativo de Aquecimento Solar*, CONEM - Natal/RN.

VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C.. *Meio século de história fotovoltaica*. Gazeta da física, v. 29, 2006.

VARELLA, F.K.O.M., *Tecnologia solar residencial: inserção de aquecedores solares de água no Distrito de Barão Geraldo – Campinas*, Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, Campinas-São Paulo, 2004.

YACOV, T., ZEMEL, A., *Long-term perspective on the development of solar energy*, Solar Energy, 68: (5), 379-392, 2000.